

陕西商丹北部锑矿床成因的初步认识

王清廉

(陕西地质矿产局第十三地质队)

商县北部高岭沟锑矿床和丹凤北部蔡凹锑矿床，东西断续呈带状分布，长达20公里，并继续再向东延到河南境内。近年笔者有机会对该矿床进行了一些调研工作，对其成因有如下初步认识。

一、地质背景

矿带位于秦岭纬向带，即“秦岭地轴”之北缘。区内地层主要为前奥陶系(陕西区调队)之大理岩、黑云斜长片麻岩、结晶片岩、变粒岩和混合岩等，总厚大于7000米。

矿带北侧有高岭沟—双槐树等深大断裂，矿带之南为商丹深大断裂。两断裂带之间为界岭复式轴倾背斜，构造线方向以北西西为主。矿带位于背斜的北翼近轴部，距高岭沟—双槐树深大断裂约0.5—6公里。

区内酸性岩十分发育，主要为加里东期的混合花岗岩($h\gamma_3$)、燕山期的斜长花岗斑岩($\gamma\pi_3^2$)和钾长花岗岩(γ_3^2)等(图1)。

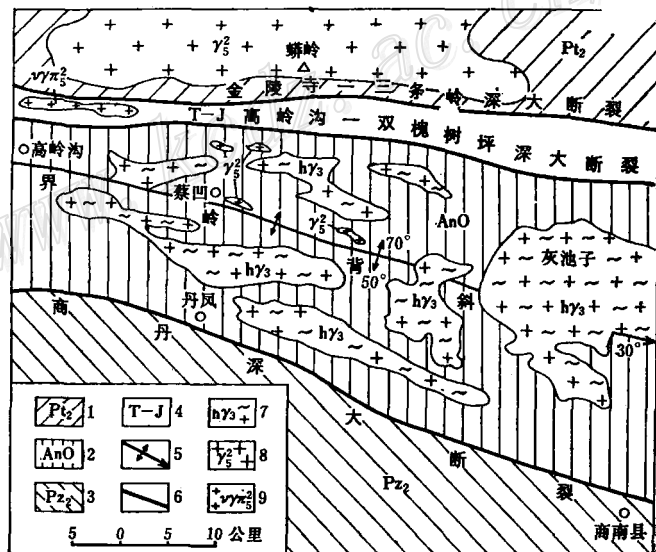


图1 商洛地区东部区域地质示意图

(据陕西十三队资料编)

- 1—上元古界；2—前奥陶系；3—上古生界；4—三叠—侏罗系；
5—轴倾背斜轴；6—断裂带；7—加里东期混合花岗岩；8—燕山期钾长花岗岩；9—燕山期斜长花岗斑岩

Fig.1. Schematic geological map of the eastern Shanglou area.

- 1—Upper Proterozoic; 2—pre-Ordovician; 3—Upper Paleozoic;
4—Triassic-Jurassic; 5—inclined axis of anticline; 6—fracture zone; 7—Caledonian migmatitic granite; 8—Yenshanian K-feldspar granite; 9—Yenshanian plagioclase granite porphyry.

二、矿床特征

锑矿床赋存于前奥陶纪地层中，在该层的各种岩性中，几乎均有矿化出现，尤其在热液交代的石英岩、构造角砾岩中，矿化特别富集。除此之外，其北的三叠—侏罗系和上元古界宽坪群(Pt_2k)中，

也有个别矿点产出, 并有锑及硫化物的物、化探异常显示。

(一) 矿体规模和形态产状 该区锑矿体主要呈似层状、透镜状、交错脉状、似脉状和不规则状等。矿体一般呈北西西向延伸, 向北东或南东倾斜, 倾角 30° — 80° 。矿体大小不等, 一般长数十米, 最长可达百余米至数百米, 小者长仅 1 米至数米, 厚度一般为 1—5 米, 延深一般为矿体长度的 $1/4 \sim 1/5$ 。

(二) 矿石特征 矿石的矿物成分比较简单, 金属矿物除辉锑矿外, 尚有少量的黄铁矿和雄黄等; 脉石矿物亦很简单, 主要为石英、方解石, 偶尔尚见有萤石和重晶石等。

辉锑矿呈自形、半自形针状、柱状等晶体, 晶体长一般为 0.5—5 厘米, 最长可达 30 厘米。黄铁矿呈自形、半自形粒状, 常呈分散状被辉锑矿包裹, 含量小于 1%。雄黄多呈他形、半自形粒状, 粒径为 0.3—1 毫米, 偶见于矿石中, 且常与辉锑矿呈共边状生长。

金属矿物和脉石矿物常组合成浸染状、条带状、填隙胶结状及致密块状等构造 (图 2)。

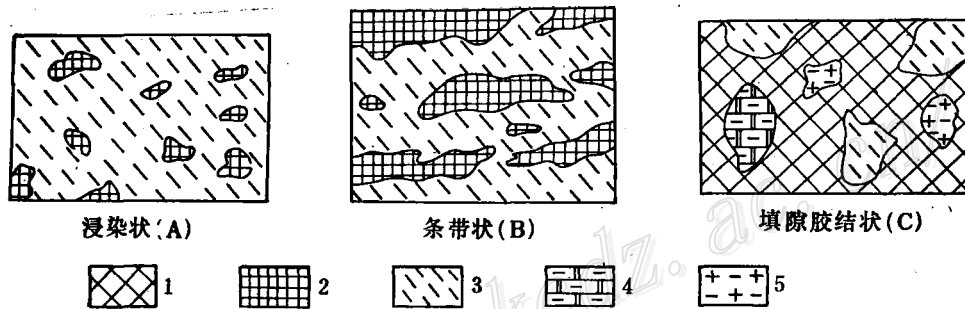


图 2 矿石构造素描图 (1:10)

1—含黄铁矿的辉锑矿, 2—辉锑矿, 3—暗色石英岩, 4—硅化大理岩, 5—硅化花岗岩

Fig.2. Sketch of ore structure (1:10).

1—pyrite-bearing stibnite, 2—stibnite, 3—dark-colored quartzite, 4—silicified marble, 5—silicified granite.

据室内外研究, 从矿石中矿物相互穿插及包裹关系, 推测矿物的生成顺序: 早期为暗色硅化岩 (深灰色石英) 和黄铁矿; 中期为辉锑矿和雄黄; 晚期为浅色石英和方解石。矿石中含锑较富。除锑外, 矿石中尚含金。

(三) 近矿围岩蚀变 主要蚀变为硅化和碳酸盐化。硅化可分为早期的暗色硅化和晚期的淡色硅化两种。暗色硅化十分发育, 规模较大, 如韩家沟矿段矿体两侧的暗色硅化长达几百米。矿体上盘 (北侧) 硅化宽达 3—5 米, 南侧宽为 1—2 米。硅化体呈似层状、不规则状等, 与被交代的围岩 (大理岩) 呈不规则的渐变过渡关系。在小南沟等地, 也可见到此种硅化胶结断层角砾岩。暗色硅化岩与矿体相伴, 矿体与暗色硅化体的规模呈正比关系, 这在该区是普遍的规律。就暗色硅化体本身而言, 锑的含量也特别高。淡色硅化和碳酸盐化, 二者均分布零星, 且晚于矿而生成, 与矿仅有空间关系, 而没有成因上的联系。

三、成矿条件的分析

(一) 成矿物质来源 锑元素在蔡凹矿区各种岩石中的百分含量见表 1。

众所周知, 锑的克拉克值为 $5 \times 10^{-5}\%$ 。表1各种岩石中锑的含量虽高低有别, 但均高于锑在地壳中的克拉克值。表中各种岩石锑的平均值相当于锑克拉克值的200倍。尤其是热液交代石英岩(硅化岩)中锑的含量更高, 相当于锑克拉克值的1500倍。同时钾长花岗岩和硅化显著的大理岩、片麻岩中, 锑的含量也较高。相反, 硅化微弱或硅化不明显的岩石中, 锑的含量就明显变低。

表1 锑在岩石中的百分含量

岩石名称	样品数	Sb含量(%)	岩石名称	样品数	Sb含量(%)
大理岩	13	4×10^{-3}	硅化矽线石片麻岩	11	22×10^{-3}
硅化大理岩	8	14×10^{-3}	混合花岗岩	10	6×10^{-3}
蛇纹大理岩	5	5.3×10^{-3}	钾长花岗岩	7	26×10^{-3}
斜长角闪片麻岩	9	8.4×10^{-3}	硅化岩(热液交代石英岩)	12	75×10^{-3}
黑云斜长片麻岩	5	3.4×10^{-3}	各种岩石平均值		11.4×10^{-3}

(西北冶金地质勘探公司106队资料)

镜下资料表明, 上述各种岩石普遍遭受不同程度的热液硅化作用, 硅化作用的强弱与锑含量的高低成正比。

界岭背斜南翼的大理岩、片麻岩等(与北翼时代、岩性相同)岩石中均不含锑, 其原因是该区未遭受热液硅化作用, 故进一步也说明了锑之来源与富 SiO_2 的岩浆热液有关。

从该区硫同位素资料来看(表2), δS^{34} 值总的变化范围不大, 离散度最大为 -7.2 — $+8\%$, 即最大极差为 15.2% ; $\text{S}^{32}/\text{S}^{34}$ 平均值为22.099。故表明该区硫的来源既不是来自沉积岩, 也不是来自地幔(沉积岩中 δS^{34} 之极差大于 30% , $\text{S}^{32}/\text{S}^{34}$ 平均值应大于22.49^①), 而与地壳重熔型的花岗岩中之硫近似。

表2 硫同位素特征表

矿区名称	样品编号	矿物名称	δS^{34} (%)	平均	$\text{S}^{32}/\text{S}^{34}$	平均	变化范围(%)	极差(%)
蔡凹	IIcS ₁	雄黄	-7.2	6.767	22.849	22.157	-7.2 5.3~8.0	2.7
	IIcS ₂	辉锑矿	+5.3		22.125			
	IIcS ₃	辉锑矿	+7.0		22.162			
	IIcS ₅	辉锑矿	+8.0	2.415	22.184	22.107	1.9~2.9	1.0
	IIcS ₄	黄铁矿	+1.9		22.059			
高岭沟	IVPY-1	黄铁矿	+2.9		22.155			
	IVGa1-1	方铅矿	+2.6		22.162			
合计			20.5	2.933		22.099	+8~-7.2	15.2

(中国科学院地球化学研究所分析)

将该区蔡凹矿区锑矿床之 δS^{34} 值与国内外有关典型成因的矿床 δS^{34} 值进行对比(图3), 该矿床与大厂锡矿床、尼亚色亨、英国康瓦尔等矿床大致类似。也可说明该区矿床之硫源与

① 据向鼎璞等资料。

地壳重熔型花岗岩或花岗岩化成因的花岗岩有关。

该区是否存在地壳重熔型的花岗岩呢？笔者对铈矿带之北约12公里处的燕山期蟒岭花岗岩体的资料进行了分析，认为蟒岭花岗岩属地壳重熔型的花岗岩，其证据：

1. 花岗岩体周围没有同时代相对应的火山岩存在。

2. 由于这类花岗岩的原岩经历过风化—沉积旋回，造成了 Na、Ca、Sr 等的丢失，所以多成为铝过饱和系列；同时黑云母含铝较高，且 $K_2O > Na_2O$ 。

3. 主要矿物中，常包有副矿物的残晶，尤其是副矿物锆石的内核中包有绿泥石、绿帘石、褐铁矿等次生矿物。在花岗岩体中，发现有变质沉积岩残留体的存在；同时发现有的残留体和花岗岩呈交代过渡关系。这些都说明其具陆壳改造型花岗岩的特征。

4. Fe^{+3}/Fe^{+2} 比值低(0.62)，也可能反映了源岩物质中有还原碳质的存在。

除上述特征外，蟒岭花岗岩体在空间上和一系列的矿化密切相关。如靠近岩体有皇台、三条岭、芥子岭等地的矽卡岩型铁、铜等高温矿床和矿点；稍远离岩体，则有寺沟、南台、银洞岭等地的中温铅、锌矿床和矿点；再远离岩体向东南方向，即是高岭沟、蔡凹、掌耳沟、石门、大河沟等地断续分布的铈矿带（图4）。蟒岭花岗岩体的矿床或矿点，由近及远呈现出由高温到低温的水平分带现象。笔者认为，这绝非是一种偶合的现象，而可能是一个与蟒岭花岗岩体有内生因联系的、统一的成矿系列的反映。即铁、铜、铅、锌、铈等矿质之来源，同出于蟒岭花岗岩体之中，随着含矿热液的扩散和运移，在不同的空间先后形成了高、中、低温热液的统一成矿系列（或序列）。所以该区铈矿之矿源是和蟒岭花岗岩有密切关系的。

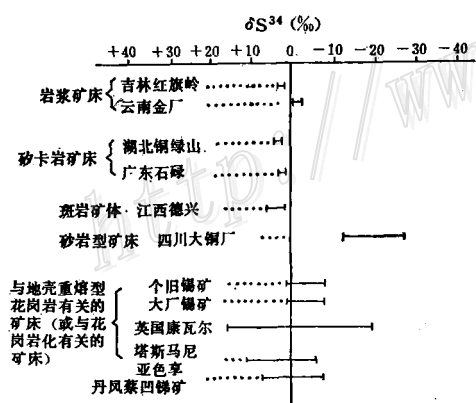


图3 不同矿床硫同位素对比图

(据郑明华等资料编)

Fig.3. Diagram contrasting sulfur isotopes of various ore deposits.

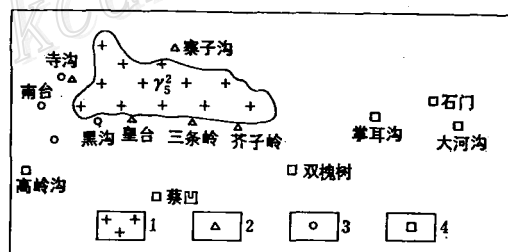


图4 蟒岭花岗岩成矿系列示意图

(陕西地质矿产局13队资料)

1—蟒岭花岗岩；2—高温铁、铜等矿床（矿点）；
3—中温铅、锌矿点；4—低温铈矿床

Fig.4. Schematic map showing metallogenic series of the Mangling granite mass.

1—Mangling granite mass; 2—high-temperature iron-copper deposit(occurrence); 3—medium-temperature lead-zinc occurrence, 4—low-temperature antimony deposit.

另外，该区的许多铈矿体直接赋存于花岗岩的小岩枝之中。如蔡凹矿区之韩家沟矿段 III T₃ 号坑道之浅色花岗岩中、大坪矿段的 K₃₇ 号探槽中、五坑花岗岩小岩体中均见有铈矿脉和矿体产出；在高岭沟矿区则见铈矿的分布常与一种中粒的花岗岩小岩体相伴；在小碾子洼等地，亦见穿插于三叠—侏罗系中的斜长花岗斑岩体中有含辉铈矿的石英脉分布。上述情况均

说明花岗岩与锑矿之间有一定关系。

(二) 聚矿条件

1. 构造条件: 矿体严格受构造条件控制。一般来说, 构造复杂和构造封闭条件良好的地段, 其矿越好。构造不仅是导通含矿热液的渠道, 而且也是矿液聚集和沉淀的场所。如高岭沟—双槐树深大断裂呈近东西向, 致使该区锑矿带也呈近东西向展布。该深大断裂南侧0.5—6公里范围内的次一级断裂、褶皱及层间剥离、破碎带、裂隙等构造同样控制着矿床和矿体的赋存状态 (图5、6)。

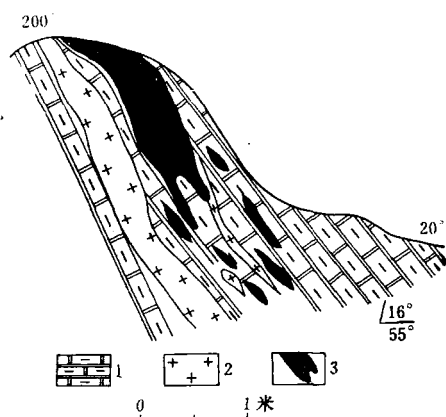


图5 高岭沟锑矿区Ⅱ号矿体
受层间裂隙控制示意图

(据陕西13队和西北冶金地质勘探公司106队资料)

1—石墨大理岩; 2—花岗岩; 3—锑矿体

Fig.5. Diagrammatic geological section showing the confinement of No. II orebody to interlayered cracks at the Gaolinggou antimony mining area.

1—graphite marble; 2—granite; 3—antimony orebody.

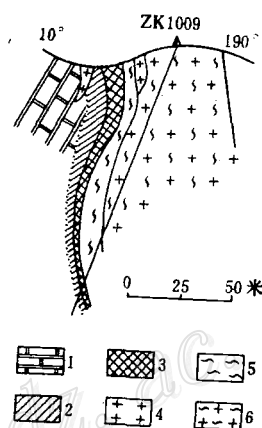


图6 蔡凹锑矿区小虎狼沟Ⅰ
号矿体受层间剥离控制示意图

(资料来源同图5)

1—大理岩; 2—硅质岩 (暗色硅化); 3—锑矿体;

4—花岗岩; 5—云母石英片岩; 6—花岗片麻岩

Fig.6. Diagrammatic geological section showing the occurrence of No. I orebody along interlayered exfoliation at Caiwa mining area.

1—marble; 2—siliceous rock (dark-colored silicification); 3—antimony orebody; 4—granite; 5—mica-quartz schist; 6—granite porphyry.

2. 岩性条件: 岩性特征也是聚矿的又一重要因素。该区一些较大的锑矿体均赋存于大理岩层中, 因为大理岩的化学性活泼, 有利于与矿液发生化学反应或交代作用。特别是富含 SiO_2 的酸性矿液, 与大理岩发生化学作用, 使矿液碱化而中和, 更促使了矿质的沉淀。因此, 大理岩是矿液的沉淀剂, 对矿的形成是很重要的。如蔡凹等矿区许多矿体的上盘, 常为云母石英片岩等柔性致密的岩石, 因对矿液起到了隔挡的作用, 所以矿体的厚度一般较大。

上述控矿的构造条件和岩性特征, 就是该区锑矿就位机制的基础。

(三) 成矿作用

基于上述综合分析, 笔者认为该区的含矿热液是花岗岩浆结晶期后分泌的产物。又因矿

体与硅化密切相关、矿物组合中的黄铁矿含量甚少($<1\%$)和出现微量的雄黄而无雌黄等现象,故又认为含矿热液是富硅、贫硫的酸性矿液。贫硫的原因,可能是花岗岩结晶期后所分泌出的硫,在开始形成高、中温热液矿床(矿点)时,优先满足了黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿和与之共生的黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂等硫化物的所需。故其矿液中之硫耗费较多,到后期阶段贫硫。

成矿的温度,据陕西综合队对该区辉锑矿之包裹体用爆裂法测得温度为 $126-206^{\circ}\text{C}$,大部分为 $172-188^{\circ}\text{C}$ 。再结合矿物组合和围岩蚀变特征的判析,故认为基本属低温热液成矿。

富硅贫硫的低温矿液,沿各种构造空间运移,然后集中沉淀,最后形成矿体。根据矿体的形态、产状和结构构造等特征判定,其成矿方式以充填作用为主。因此,该区的锑矿成因类型,应为岩浆期后低温热液充填矿床。

四、成矿机理的讨论

地壳基底的含矿质岩层,在超变质作用下,经混合岩化、花岗岩化、深熔和重熔再生等改造作用,形成了花岗质岩浆。到燕山期时,沿高岭沟一双槐树等深大断裂减压带侵入,形成了蟒岭花岗岩体(基)及邻近的花岗岩小岩枝等。

在岩浆结晶期后阶段,从中分泌出含多种金属矿质的热液,此热液初始在蟒岭花岗岩体近旁,和宽坪群地层中的钙质岩石发生交代作用,形成了高温热液砂卡岩型铁、铜等矿床(矿点)。含矿热液进而外移扩散,远离蟒岭岩体,矿液温度下降,故在宽坪群等地层的构造裂隙和破碎带中,又形成了中温充填式的铅、锌等矿点。随着含矿热液的继续向外扩散运移,矿液温度下降,同时矿液的组分也发生了变化,成为贫铁、铜、铅、锌、硫,而较富硅和锑等熔点低的低温热液。此热液扩散活动到界岭背斜北翼的前奥陶系之中,使其中各种岩石(大理岩、片麻岩等)普遍发生不同程度的硅化作用。在此硅化的基础上,含矿的热液,沿上述岩层的各种构造空间活动、聚集和沉淀,以致形成了低温热液充填式锑矿床。特别是该区的碳酸盐岩石,可使矿液的 pH 、 f_{O_2} 发生变化,更能促进矿质的富集和沉淀。

五、结 语

1. 在该区前奥陶系、晚元古界的宽坪群、中生界等地层和花岗岩体之中,多处可见到锑矿体、锑矿化和锑异常的存在。在大理岩、片麻岩、结晶片岩、变粒岩、花岗岩等岩石中,均有锑矿体或锑矿化的分布。

2. 该区的锑元素和锑矿体,与暗色的硅化关系十分密切。硅化的强弱决定着锑元素的富集程度和锑矿化的存在。

3. 绕蟒岭花岗岩,由近而远,存在有高温到低温热液矿床(矿化)的水平分带,显示了该区锑矿床与蟒岭花岗岩的内在联系。

4. 硫同位素的数据表明,其硫源既不是沉积型的,也不属幔源硫,故认为硫源可能属地壳重熔型花岗岩。而本区蟒岭花岗岩体的种种特征显示了地壳重熔的特点,因而硫源可能

是从蟒岭花岗岩体中所提供的。

笔者认为该区锑矿床属岩浆低温热液矿床。即矿源 (Sb、S)、热源和液源三者均可能主要与燕山期蟒岭花岗岩体有内在的联系。

在成文过程中, 承王平轩、蔡振龙、王旭昶、南宝江、董春盈、冠屹峰等同志的多方大力相助, 在此一并感谢。

主要参考文献

- [1] 成都地质学院 1978 矿床学 地质出版社
- [2] 张安禄等 1980 花岗岩类岩石成因分类与成矿专属性 地质论评 第3期
- [3] 格里年科 1980 硫同位素地球化学 科学出版社
- [4] 南京大学地质系 1980 中国东南部花岗岩类的时空分布、岩石演化成因类型和成矿关系的研究 南京大学学报 (地质专辑)

A PRELIMINARY DISCUSSION ON THE GENESIS OF ANTIMONY DEPOSITS IN NORTHERN SHANGXIAN— DANFENG AREA

Wang Qinglian

(No. 13 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral
Resources of Shaanxi Province)

Abstract

The antimony deposits in northern part of Shangxian-Danfeng area refer mainly to the Gaolinggou antimony deposit at northern Shangxian and the Caiwa antimony deposit at northern Danfeng. These two deposits extend discontinuously in EW direction forming an ore belt with a length of 20 km, and in the main have identical geologic setting and characteristics.

The antimony ore belt is situated at the south margin of the east sector of north subbelt of the Qinling latitudinal belt. The strata in this region are mainly of pre-Ordovician sequence, consisting of marble, biotite-plagioclase gneiss, crystalline schist, granulite, migmatite and so on. Structure seems rather complicated, the ore belt is distributed on the south of the Gaolinggou-Shuang-huishu deep-seated fracture and on the north limb of the Jieling anticlinorium with ore deposits controlled invariably by second-order faults and folds as well as by interformational exfoliations, fragmental zones, and cracks.

Rather than being confined to certain horizons or lithological characters, the antimony deposits occur in strata of different ages, such as Late Proterozoic, pre-Ordovician and Mesozoic, which are made up of marble, sandstone,

gneiss, schist, granulite, migmatite, granite, etc.

Silicification must have had an intimate bearing on antimony abundance and occurrence of antimony orebodies. For example, pre-Ordovician sequence (consisting of marble, gneiss, migmatite, etc.) on north limb of Jieliang anticlinorium which has suffered various degrees of silicification, ubiquitously has antimony abundances several hundred times higher than its Clark value; furthermore, antimony orebodies are seen occurring in structural space of this sequence. On the contrary, strata on south limb of Jieliang anticlinorium which are of the same age and lithological characteristics with those on the north limb but have suffered no silicification, contain little antimony and in the main have no antimony mineralization.

Sulfur isotopic data of this area show that δS^{34} values vary in the range of -7.2 — $+8\%$ and average S^{32}/S^{34} is 22.099, suggesting that, instead of being sedimentary origin or coming from mantle-derived magma, sulfur in antimony sulfides seems likely derived from granites of crustal remelting type. The Mangling granitic mass, located some 12 km north of the ore area, is characterized by $Na_2O > K_2O$, relatively low Fe^{3+}/Fe^{2+} , Al-oversaturation, some secondary minerals such as limonite, chlorite and epidote in inner core of the accessory mineral zircon, and no corresponding volcanic rocks, thus belonging probably to crustal remelting type.

Regional metallogenic characteristics imply that there exist metallogenic series of high-middle-low temperature hydrothermal ore deposits around the Mangling granite mass.

Based on all these data, the author holds the opinion that antimony ore deposits in this area should be low temperature hydrothermal deposits genetically related to the Mangling granite mass.